

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

REC'D 16 FEB 2005

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT



(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 2002P13061WO	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/PEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 03/03221	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 26.09.2003	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 06.11.2002
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G01F1/688, G01P5/10, G01K11/32		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 7 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).  
Diese Anlagen umfassen insgesamt 8 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Bescheids
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Regel 66.2 a)ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 28.05.2004	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 15.02.2005
Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Politsch, E Tel. +49 89 2399-8455 

**I. Grundlage des Berichts**

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):

**Beschreibung, Seiten**

1-10, 12, 15 in der ursprünglich eingereichten Fassung  
11, 13, 14 eingegangen am 13.08.2004 mit Schreiben vom 10.08.2004

**Ansprüche, Nr.**

1-24 eingegangen am 29.11.2004 mit Schreiben vom 26.11.2004

**Zeichnungen, Blätter**

2/3, 3/3 in der ursprünglich eingereichten Fassung  
1/3 eingegangen am 13.08.2004 mit Schreiben vom 10.08.2004

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht; sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um:

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 03/03221

☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen.)*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)

Ja: Ansprüche 1-24

Nein: Ansprüche

Erfinderische Tätigkeit (IS)

Ja: Ansprüche

Nein: Ansprüche 1-24

Gewerbliche Anwendbarkeit (IA)

Ja: Ansprüche 1-24

Nein: Ansprüche:

### 2. Unterlagen und Erklärungen:

**siehe Beiblatt**

## **1. ZITIERTE DOKUMENTE**

In diesem Bericht werden die folgenden, im Recherchenbericht zitierten Dokumente genannt:

D1: DE 298 21 233 U1 (GTC KAPPELMEYER GMBH) 6. Mai 1999 (1999-05-06)

D2: DE 199 50 111 C (GESO GES FUER SENSORIK GEOTECH) 15. Februar 2001 (2001-02-15)

D3: WO 00/11317 A (WILLIAMS GLYNN; NEUROTH DAVID H (US); BAKER HUGHES INC (US); DALRYMPL) 2. März 2000 (2000-03-02)

D4: DE 12 20 147 B (DAIMLER BENZ AG) 30. Juni 1966 (1966-06-30)

D5: EP-A-0 392 897 (LUXTRON CORP) 17. Oktober 1990 (1990-10-17)

D6: DATABASE WPI Section EI, Week 199025 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class S02, AN 1990-192052 XP002286791 & SU 1 508 170 A (KAZAN AVIATION INST) 15. September 1989 (1989-09-15)

Das folgende Dokument wurde neu eingeführt:

D7: US 6 442 304 B1 (CHEVRON INC) 27. August 2002 (2002-08-27)

## **2. AD V. BEGRÜNDETE FESTSTELLUNG NACH REGEL 66.2(a)(ii) HINSICHTLICH DER NEUHEIT, ERFINDERISCHEN TÄTIGKEIT UND GEWERBLICHEN ANWENDBARKEIT**

### **Artikel 33(3) PCT**

Der Gegenstand aller Ansprüche kann nicht als erfinderisch angesehen werden.

#### **2.1 Vorbemerkung**

Die mit Brief vom 26.11.2004 eingereichten Änderungen betreffen die Konkretisierung der ortsabhängigen Temperaturmessung mittels des Lichtwellenleiters, nämlich mit Hilfe von Bragg-Gittern sowie die Angabe, dass die Messung "in einem Strömungskanal" erfolgt. Die im Internationalen Recherchenbericht zitierten Dokumente enthalten zwar keinen konkreten Hinweis auf die Temperaturmessung mit Hilfe von Bragg-Gittern; dem Fachmann ist jedoch die Möglichkeit, Temperaturen orts aufgelöst mit Hilfe von Bragg-Gitter-Sensoren zu messen, wohlbekannt, s. z.B. das neu eingeführte Dokument D7.

Somit erfüllen die Ansprüche gemäß der vorliegenden Anmeldung im Hinblick auf die zitierten Dokumente zwar das Erfordernis der Neuheit (Artikel 33(2) PCT); eine erfinderische Tätigkeit kann in der konkreten Nennung der gewählten Temperaturmessmethode aus erwähntem Grunde jedoch nicht erkannt werden.

## 2.2 Anspruch 1 (sowie entsprechender Verfahrensanspruch 13)

Dokument D1 offenbart ein

Messelement (faseroptischer Temperatursensor, u.a. bestehend aus einem Lichtwellenleiter, s. z.B. S. 4, 1. Absatz) zur Bestimmung einer Strömungsgeschwindigkeit eines das Messelement umströmenden Fluids mit einem Lichtwellenleiter zum Führen einer elektromagnetischen Welle entlang seiner Längserstreckung (vorgenannter Lichtwellenleiter) und wenigstens einem zum Lichtwellenleiter benachbart angeordneten, elektrischen Heizelement (s. S. 4, 2. Absatz), mittels welchem der Lichtwellenleiter mit Wärme beaufschlagbar ist, wobei eine in den Lichtwellenleiter einkoppelbare elektromagnetische Welle entsprechend der von der Strömungsgeschwindigkeit des Fluids abhängigen Temperatur des Lichtwellenleiters beeinflussbar ist (s. z.B. S. 4, Absätze 1 und 4; es ist klar, dass als quantifizierbare Größe der "Fluidbewegung" die Strömungsgeschwindigkeit erhalten werden kann).

Der Unterschied des Gegenstandes von Anspruch 1 gegenüber Dokument D1 besteht in der konkreten Nennung der Ausgestaltung der faseroptischen Temperaturmessung sowie in der expliziten Nennung, dass die Messung "in einem Strömungskanal" erfolgt. Zwar wird in Dokument D1 (2. Absatz auf Seite 2) beispielhaft eine Raman-Streulichtmessung genannt; jedoch ist beispielsweise aus Dokument D7 bekannt, dass alternativ die Verwendung von Bragg-Gittern zum gleichen Zweck erfolgen kann (s. z.B. Fig. 21 und Sp. 15, Z. 60 - Sp. 16, Z. 11, insbes. Sp. 16, Z. 8-11).

Dass die Messung in einem Strömungskanal erfolgt, kann nicht als Abgrenzung herangezogen werden: zum einen sind die physikalischen Abläufe (d.h. Fluidbewegungen in der Umgebung des Lichtwellenleiters), die die Temperaturmessung mit Hilfe der gewählten Methode ermöglichen, natürlich in allen Anwendungsfällen gleich. Andererseits ist in D1 sogar offenbart, dass es sich bei dem durchlässigen Medium auch um ein "Kanäle aufweisendes" Medium handeln kann (vgl. S. 5, letzter Absatz).

Aus der Beschreibung von D1 ist klar, dass der dort eingesetzte Lichtwellenleiter zumindest abschnittsweise in einem solchen Kanal verlaufen kann. Somit erscheint sogar die Neuheit des neu eingeführten Merkmals gegenüber D1 fraglich.

Zusammenfassend ist der Gegenstand der Ansprüche 1 sowie 13 (die Messung entlang der Längserstreckung des Leiters geht aus D1, S. 5, Zeilen 8-10 des letzten Absatzes hervor) nicht erfinderisch.

Außerdem scheint der Gegenstand der genannten Ansprüche 1 auch gegenüber den Erfindungen gemäß D2 oder D3 (z.B. im Hinblick auf Dokument D7) nicht erfinderisch zu sein.

## 2.3 Ansprüche 2-4

S. Dokumente D1-D3.

**2.4 Anspruch 5**

Eine Beschichtung des Lichtwellenleiters als Heizleiter zu verwenden, ist zwar explizit nicht im zitierten Stand der Technik genannt; z.B. aus dem vorletzten Absatz auf S. 6 von Dokument D1 ist eine solche Beschichtung jedoch nahegelegt (da dem Fachmann die Beschichtung von Glasfaserkabeln geläufig ist und eine solche Beschichtung ein Beispiel der in D1 zitierten Umschließung des Kabels darstellt).

**2.5 Ansprüche 6 und 7**

Heizleiter mit Widerstandsbelägen sind in der Technik wohlbekannt; es ist klar, dass in den Erfindungen gemäß D1-D3 alle für den jeweiligen Anwendungsfall geeigneten Heizleiter eingesetzt werden können, und somit erfordert eine spezielle Auswahl keine erfinderische Tätigkeit.

Dass solche Widerstandsbeläge im Betriebstemperaturbereich einen annähernd konstanten Widerstand aufweisen sollten, ist für den Fachmann eine Selbstverständlichkeit.

**2.6 Anspruch 8**

S. z.B. vorletzter Absatz auf S. 7 von D1.

**2.7 Anspruch 9**

S. D1 und D2.

**2.8 Anspruch 10**

Obwohl die Verwendung eines keramischen Werkstoffes als Ummantelung nicht ausdrücklich in den zitierten Dokumenten genannt ist, würde der Fachmann die Ummantelung den Umständen entsprechend ausführen und ggf. beispielsweise auch einen keramischen Werkstoff dafür heranziehen. Solch eine Auswahl kann nicht als erfinderisch angesehen werden.

**2.9 Ansprüche 11, 12**

S. z.B. D1, S. 6, letzter Absatz und Fortsetzung auf S. 7.

**2.10 Anspruch 14**

Die Verwendung eines elektromagnetischen Impulses (z.B. Laserimpuls) ist beispielsweise aus den D1 zugrunde liegenden (d.h. die Funktionsweise der faseroptischen Temperaturmessung beschreibenden) Dokumenten bekannt, auf die sich D1 ausdrück-

lich bezieht. Somit ist auch der Gegenstand dieses Anspruchs aus D1 bekannt:

**2.11 Anspruch 15**

S. D1-D3.

**2.12 Anspruch 16**

Die Beaufschlagung des Heizelements mit einem konstantem Strom stellt eine von mehreren alternativen Möglichkeiten dar, die der Fachmann ohne erfinderisches Zutun in Betracht ziehen würde.

**2.13 Ansprüche 17, 18**

Siehe S. 5, letzter Absatz - S. 6, erster Absatz von Dokument D3. Dort wird ebenfalls aus zwei Messungen mit unterschiedlicher Wärmebeaufschlagung (eine ohne, die zweite mit zusätzlicher Beheizung) auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. Flussrate geschlossen.

**2.14 Ansprüche 19-24**

Die Verwendbarkeit der Messvorrichtungen gemäß D1 oder D2 in einer Strömungsmaschine ist für den Fachmann klar; die notwendigen Anpassungen werden von ihm im Rahmen seiner fachüblichen Tätigkeit ausgeführt und können daher nicht als erfinderisch betrachtet werden. Zudem legt das mit einer ähnlichen Erfindung befasste Dokument D4 die Verwendung in einer Gasturbine nahe.

**3. ZUSÄTZLICHE ANMERKUNG**

Im Widerspruch zu den Erfordernissen der Regel 5.1 a) ii) PCT werden in der Beschreibung weder der in den Dokumenten D1-D7 offenbarte einschlägige Stand der Technik noch diese Dokumente angegeben.

## Patentansprüche

1. Messelement (1, 2, 3) zur Bestimmung einer Strömungsgeschwindigkeit eines das Messelement (1, 2, 3) umströmenden Fluids in einem Strömungskanal (13) mit einem Lichtwellenleiter (4) zum Führen einer elektromagnetischen Welle entlang seiner Längserstreckung und wenigstens einem zum Lichtwellenleiter (4) benachbart angeordneten, elektrischen Heizelement (5, 6), mittels welchem der Lichtwellenleiter (4) mit Wärme beaufschlagbar ist, wobei der Lichtwellenleiter (4) zumindest zwei Faser-Bragg-Gitter-Sensoren umfasst und eine in den Lichtwellenleiter (4) einkoppelbare elektromagnetische Welle entsprechend der von der Strömungsgeschwindigkeit des Fluids abhängigen Temperatur des Lichtwellenleiters (4) am Ort der Faser-Bragg-Gitter-Sensoren beeinflussbar ist.
2. Messelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1, 2, 3) stabförmig ausgebildet ist.
3. Messelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1, 2, 3) elastisch ist.
4. Messelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (5, 6) aus Metall gebildet ist.
5. Messelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (5, 6) durch eine elektrisch leitfähige Beschichtung des Lichtwellenleiters (4) gebildet ist.
6. Messelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (5, 6) einen konstanten elektrischen Widerstandsbelag aufweist.



7. Messelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstandsbelag im Betriebstemperaturbereich weitgehend unabhängig von der Temperatur ist.

5 8. Messelement nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement durch einen als Heizschleife geformten Heizleiter gebildet ist.

10 9. Messelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Ummantelung (8).

10. Messelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ummantelung (8) aus einem keramischen Werkstoff besteht.

15 11. Messelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ummantelung (8) aus Metall besteht.

12. Messelement nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Ummantelung (6) zugleich das Heizelement bildet.

20

13. Verfahren zum Bestimmen einer Strömungsgeschwindigkeit eines Fluids in einem Strömungskanal (13) mit einem von dem Fluid umströmten Messelement (1, 2, 3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine elektromagnetische Welle in  
25 einen die Welle führenden Lichtwellenleiter (4) des Messelements (1, 2, 3) eingekoppelt wird, die elektromagnetische Welle durch den zumindest zwei Faser-Bragg-Gitter umfassenden Lichtwellenleiter (4) in Abhängigkeit von dessen der Strömungsgeschwindigkeit des Fluids entsprechenden lokalen Temperatur am Ort der Faser-Bragg-Gitter-Sensoren beeinflusst  
30 wird, die Beeinflussung der elektromagnetischen Welle ermittelt und daraus die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids entlang der Längserstreckung des Messelements (1, 2, 3) bestimmt wird.

35

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Welle durch einen elektromagnetischen Impuls gebildet ist.
- 5 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14 dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1, 2, 3) während der Messung in seiner Längserstreckung durch ein Heizelement (5, 6) erwärmt wird.
- 10 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (5, 6) mit einem konstanten elektrischen Strom beaufschlagt wird.
- 15 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, mehrere Messungen mit unterschiedlicher Wärmebeaufschlagung durchgeführt werden.
- 20 18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Differenz wenigstens zweier Messungen mit unterschiedlicher Wärmebeaufschlagung die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids entlang der Längserstreckung des Messelements (1, 2, 3) bestimmt wird.
- 25 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass als Fluid ein Gasstrom einer Gasturbine (9) verwendet wird.
- 30 20. Strömungsmaschine (9) mit an einer in einem Gehäuse drehbar gelagerten Rotorwelle (10) angeordneten Laufschaufeln (11) und mit drehfest angeordneten Leitschaufeln (12), gekennzeichnet durch ein im Strömungskanal (13) der Strömungsmaschine (9) angeordnetes Messelement (1, 2, 3) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zur Messung einer Fluidströmungsgeschwindigkeit.
- 35 21. Strömungsmaschine nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1, 2, 3) radial zu einer Achse

(14) der Rotorwelle (10) im Strömungskanal (13) angeordnet ist.

22. Strömungsmaschine nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (1, 2, 3) coaxial zur Achse (14) der Rotorwelle (10) entlang einer Kreislinie im Strömungskanal (13) angeordnet ist.

23. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass im Strömungskanal (13) axial beabstandet mehrere Messelemente (1, 2, 3) angeordnet sind.

24. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 19 bestimmbar ist.

- Fig. 11 einen Schnitt durch eine Turbinenleitschaufel mit erfindungsgemäßen Messelementen,  
Fig. 12 einen Schnitt durch die in Fig. 10 dargestellte Turbine entlang einer Linie XII-XII und  
5 Fig. 13 eine weitere Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Messelements.

- Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Messelements 1 mit einem an einem Ende des Messelements 1 angebrachten Steckverbinder 15 zum Anschluss des Messelements an eine nicht näher dargestellte Auswerteeinheit. Das Messelement 1 ist stabförmig elastisch ausgebildet, so dass die geometrische Form den vorgegebenen Anforderungen angepasst werden kann. Fig. 2 zeigt eine erste Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Messelements 1 mit zwei Heizelementen 5 zwischen denen mittig eine Glasfaser 4 angeordnet ist. Die Anordnung ist in einem keramischen Werkstoff 16 eingebettet, der seinerseits von einer passivierenden Ummantelung 8 umgeben ist.
- 15 Fig. 13 zeigt eine schematische Ansicht des Messelements 1, wobei die beiden Heizdrähte 5 an einem Ende des Messelements 1 über eine elektrische Verbindung 28 miteinander in Serie geschaltet sind. In dieser Ausgestaltung ist daher vorteilhaft das Messelement 1 an einem Ende vollständig kontaktierbar. Das zweite Ende ist frei verfügbar, wodurch eine besonders einfache Montage und/oder Handhabung des Messelements 1 erreicht werden kann. Im Messelement 1 sind mehrere Messstellen angedeutet, die jeweils als Faser-Bragg-Gitter-Sensor ausgebildet sind. Mittels eines Faser-Bragg-Gitter-Sensors lässt sich eine Messgröße, hier eine Temperatur und damit indirekt die Strömungsgeschwindigkeit, sehr gut auf optische Weise ermitteln.
- 20  
25  
30

- Fig. 3 zeigt eine weitere Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Messelements 2 mit einer Glasfaser 4, die von einem keramischen Werkstoff 16 umgeben ist. Ein Heizelement 6 umgibt
- 35

Wärmeerzeugung, so dass das Messelement über seine Längserstreckung gleichmäßig mit Wärme beaufschlagt wird.

Fig. 5 zeigt ein Prinzipschaltbild für einen erfindungsgemäßen Messaufbau 18. Ein Messelement 1 ist an seinen jeweiligen Enden mit seinem Heizelement 5 über einen Stromkreis 19, ein Schaltelement 24 und einen Strommesser 20 mit einer elektrischen Energiequelle 21 verbunden. Die elektrische Energiequelle 21 ist in dieser Ausgestaltung eine Stromquelle, über die ein konstanter Gleichstrom vorgebar ist. Des Weiteren ist die Glasfaser 4 des Messelements 1 über eine optische Verbindungsfaser 25 mit einer Auswerteeinheit 23 verbunden. Das Messelement 1 wird von einer Fluidströmung 22 umströmt, die entlang der Längserstreckung des Messelements 1 eine unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit aufweist, angedeutet durch die unterschiedlich langen Pfeile. Erfindungsgemäß wird zum Bestimmen der Strömungsgeschwindigkeit des Fluids durch die Auswerteeinheit ein Laserimpuls über die optische Verbindungsfaser 25 in die Glasfaser 4 des Messelements 1 eingekoppelt. Für die Messung wird der Effekt ausgenutzt, dass eine elektromagnetische Welle, die in eine Glasfaser eingekoppelt wird, beim Durchlauf durch die Faser gestreut wird. Ein Teil des gestreuten Lichts wird in die Gegenrichtung gestreut, so dass es am Eingang der Glasfaser erfasst werden kann. Vorzugsweise erfolgt die Erfassung der zurückgestreuten elektromagnetischen Welle zu einem Zeitpunkt, in dem keine elektromagnetische Welle in die Glasfaser eingekoppelt wird. Durch die Temperaturabhängigkeit dieses Effekts lässt sich auf die Temperatur der Glasfaser schließen. Das zurückgestreute Signal besteht aus unterschiedlichen Komponenten, die hinsichtlich der Messanforderungen unterschiedlich geeignet sind. Beispielsweise enthält das zurückgestreute Signal einen Raman-gestreuten Anteil, mit dem jedoch nur eine geringe örtliche Auflösung erreichbar ist. Im Vorliegenden wird daher die Faserbragggittertechnologie angewendet, mit der eine hohe Ortsauflösung erreichbar ist, die insbesondere für den Einsatz der Temperaturmessung in Maschinen erforderlich ist.

Der Laserimpuls dazu wird auf bekannte Weise mit Geräten des  
Standes der Technik erzeugt. In Abhängigkeit von der lokalen  
Strömungsgeschwindigkeit 22 nimmt das Messelement 1 eine lo-  
5 kale Temperatur ein. In Abhängigkeit von der Temperatur wird  
ein Teil des Laserimpulses in der Glasfaser 4 zurückgestreut.  
Dieses zurückgestreute Signal wird über die optische Verbin-  
dungsfaser 25 der Auswerteeinheit 23 zugeführt, die daraus  
eine Temperaturverteilung entlang des Messelements ermittelt  
10 und aus der Temperaturverteilung die Strömungsgeschwindigkeit  
des Fluids bestimmt.

Bei geöffnetem Schalter 24 ist es möglich, mit dieser Vor-  
richtung die Temperatur der Fluidströmung 22 entlang des  
15 Messelements 1 zu bestimmen. Danach wird das Schaltelement 24  
geschlossen und das Messelement 1 mit Wärme beaufschlagt.  
Mittels der erneuten Messung wird nunmehr die Strömungsge-  
schwindigkeit des Fluids entlang des Messelements 1 bestimmt.  
Zur Verbesserung der Messgenauigkeit ist die elektrische E-  
20 nergiequelle 21 hinsichtlich des gelieferten Stroms einstell-  
bar. So kann die Messung mit unterschiedlichen Wärmebeauf-  
schlagungen wiederholt werden, wobei aus den Differenzen auf  
die Strömungsgeschwindigkeit geschlossen wird. Der Schalter  
kann sowohl ein mechanischer Schalter als auch ein elektroni-  
25 scher Schalter sein, wie sie im Stand der Technik in einer  
Vielzahl von Bauarten und -formen bekannt sind. Der Schalter  
kann jedoch auch einstückig mit der Energiequelle 21 ausge-  
bildet sein, wobei nicht nur eine Schaltfunktion sondern auch  
eine Steuerfunktion für den Strom vorgesehen sein kann.

30 Die Figuren 6 bis 8 zeigen Weg/Temperatur-Diagramme, wobei  
der in Fig. 6 dargestellte Verlauf der Temperatur entlang der  
Längserstreckung des Messelements 1, 2, 3 ohne Wärmebeauf-  
schlagung bei homogener Strömung ist. Fig. 7 zeigt dagegen  
35 einen Verlauf wie in Fig. 6, wobei das Messelement 1, 2, 3  
jedoch zusätzlich mit Wärme beaufschlagt ist. Fig. 8 zeigt  
eine Temperaturverteilung auf dem Messelement 1, 2, 3, welche

200213061  
PCT/DE03/03221

1/3

